

P14957-A

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2001年 6月 6日

出願番号
Application Number: 特願 2001-170853

[ST. 10/C]: [JP 2001-170853]

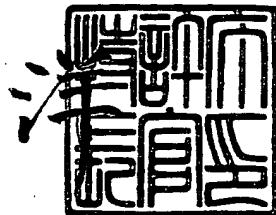
出願人
Applicant(s): 日本電信電話株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2005年 3月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

八 川



出証番号 出証特 2005-3017915

【書類名】 特許願
【整理番号】 NTTTH135139
【提出日】 平成13年 6月 6日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 21/00
【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 佐藤 昇男
【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 町田 克之
【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 石井 仁
【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 久良木 優
【特許出願人】
【識別番号】 000004226
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社
【代理人】
【識別番号】 100064621
【弁理士】
【氏名又は名称】 山川 政樹
【電話番号】 03-3580-0961

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006194

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701512

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 微細構造の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に凹部構造を形成する第 1 の工程と、
前記凹部内に犠牲膜を充填する第 2 の工程と、
開口部を備えた板状の蓋を、前記凹部構造の側壁より前記開口部が離間した状
態で、前記凹部構造を覆うように配置して固定する第 3 の工程と、
前記開口部より前記犠牲膜をエッチング除去して前記蓋の下に前記凹部による
空間を形成する第 4 の工程と、
前記蓋の上に液状の材料を塗布して塗布膜を形成し、これを固化することで前
記蓋の上に封止膜を形成して前記開口部を塞ぐ第 5 の工程と
を備えたことを特徴とする微細構造の製造方法

【請求項 2】 請求項 1 記載の微細構造の製造方法において、
前記第 5 の工程では、前記塗布膜が前記基板より力の作用する側に配置された
状態として前記塗布膜を固化することを特徴とする微細構造の製造方法

【請求項 3】 請求項 2 記載の微細構造の製造方法において、
前記第 5 の工程では、前記塗布膜が前記基板より下方に配置された状態として
前記塗布膜を固化することを特徴とする微細構造の製造方法。

【請求項 4】 請求項 1 ~ 3 いずれか 1 項に記載の微細構造の製造方法にお
いて、

前記塗布膜を形成したときの前記開口部以外の領域における前記塗布膜の膜厚
を t とし、

前記空間外部と前記開口部との境界における前記開口部の断面積を a とし、
前記空間と前記開口部との境界における開口部の断面の周囲の長さを b とし、
前記開口部内の体積を c とし、

前記空間と前記開口部との境界における、前記塗布膜の前記開口部に進入した
部分と前記開口部側壁との間の表面張力の大きさを d とし、

前記塗布膜の密度を e とし、

重力加速度を g とすると、

$$(c + a \times t) \times e \times g \leq b \times d$$

の関係が満たされていることを特徴とする微細構造の製造方法。

【請求項 5】 請求項 1～4 いずれか 1 項に記載の微細構造の製造方法において、

前記第 3 の工程では、前記犠牲膜上およびこの前記犠牲膜周囲にかけて金をメッキすることで前記蓋を形成し、

前記第 5 の工程では、ポリイミドから構成され液状の材料を塗布して前記塗布膜を形成する

ことを特徴とする微細構造の製造方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載の微細構造の製造方法において、

感光性を有するポリイミドから構成された液状の材料を塗布して前記塗布膜を形成し、

フォトリソグラフィによって前記塗布膜の前記開口部周辺以外の領域を除去して残った部分を固化することで、前記蓋の前記開口部領域上に封止膜を形成して前記開口部を塞ぐ

ことを特徴とする微細構造の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置やマイクロマシン（MEMS : Micro Electro Mechanical Systems）などに利用される中空構造を有する微細構造の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

封止技術は、半導体チップをパッケージに封止する際、あるいは、MEMS など微小デバイスの分野における微小開口領域を封止する際に必要な技術である。封止することによって、封止された中空構造領域を外部からの異物流入や汚染から守り、また、内部の圧力・温度・湿度等の動作環境を一定に保つという効果が得られる。

【0003】

このような効果が得られる封止された中空構造を作るには、つぎに示すようにすればよい。まず、中空構造とする領域に犠牲膜を形成し、犠牲膜の一部が外部に露出する開口部を備えた膜で犠牲膜を覆う。次いで、開口部を通して犠牲膜をエッティング除去することで、膜の内部に空間が形成された状態とする。最後に、膜に形成されている開口部を封止すれば、封止された中空構造が得られる。

【0004】

このような中空構造を利用したものとして、「P. Rey」らは、静電容量の変化によって圧力変化をとらえる容量型圧力センサの作製方法を開発した (P. Rey, P. Charvet, M. T. Delaye, and S. Abouhassan, "A High Density Capacitive Pressure Sensor Array For Fingerprint Sensor Application", proceedings of Transducers'97, p1453-1456(1997))。

【0005】

このセンサの製造方法について、図7および図8を用いて説明する。まず、図7 (a) に示すように、シリコン基板501上に1μmのシリコン酸化膜502を熱酸化法により形成し、この上に公知のフォトリソグラフィ技術と堆積・エッティング技術を用いて下部電極503と犠牲層504と上部電極505とを順次形成する。犠牲層504の膜厚は、0.4μmである。

【0006】

つぎに図7 (b) に示すように、上部電極505と接する可動膜506としてPECVD法(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition)によって、膜厚0.5μmのシリコン窒化膜を堆積形成し、フォトリソグラフィを用いて開口部507を作製する。このときの上から見た透視図を図7 (c) に示す。さらに、図7 (d) に示すように開口部507を通して犠牲層504をエッティング除去する。最後に、図7 (e) に示すように、PECVD法によって窒化膜を堆積することで封止膜508を形成して、微細な中空構造509を形成する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、以上のCVDによる封止法を用いた場合、封止材料が開口部507を通して内部に侵入して堆積し、封止された中空構造内部において柱状構造

508bが大きな領域を占めるという問題があった。

また、中空構造509の上部を可動させて圧力を検出する構造の場合、封止材料で堆積形成された中空構造509内部の柱状構造508bが、可動膜506の一部を固定してしまい、可動領域を狭めるという問題があった。

【0008】

この問題は、特に図9(a)に示すように2次元アレイ状に中空構造509を配列させたアレイ型のセンサ600において顕著である。このセンサ600を上から見た透視図を図9(b)に、図9(b)のC.C断面図を図9(c)に示す。センサ600を構成する各々の中空構造509からなる素子は、下部電極503、上部電極505、可動膜506、封止膜508を備える。封止膜508の中空構造内部に侵入した部分である柱状構造508bは、図9(b)に示すように、可動膜506内で柱状構造508bの周囲の領域601を固定し、可動膜506の可動を大きく阻害する。この領域601は、センサとしては無駄な領域である。それゆえ、单一の中空構造素子の可動膜感度が低下するばかりでなく、中空構造素子を2次元アレイ状に配列させる集積度の向上を阻害し、また、センサ精度・分解能を低下させる要因となる。

【0009】

また、図7(e)に示すように、柱状構造508bと同じ厚さの膜が可動膜506上に形成されるが、封止によって可動膜506を厚くしすぎると可動しなくなる。一方、可動膜506が可動するよう封止膜508を薄くしようとすると、開口部507の領域における柱状構造508の高さが低くなる。柱状構造508の高さが低く、この頭部が開口部507に到達しないと、封止した状態とならない。従って、封止膜508を薄くする場合、柱状構造508の頭部を開口部507底部に到達させて封止状態とするために、可動膜506とシリコン酸化膜502との距離を近づける必要がある。

【0010】

つまり、上述した従来の封止法では、下部電極503と上部電極505の距離に制限があり、大きくすることができない。これを避けるために、図8(a)に示すように、封止膜508の一部を覆うレジストマスク510を用い、公知のエ

ッチング技術により封止膜508を加工し、図8（b）に示すように、開口部507の周囲だけに封止膜508cを残すようにしてもよい。

しかしながら、この場合は、封止膜を加工する新たなプロセスが必要となり、製造工程数が多くなり、コストの上昇を招く。

【0011】

以上の問題点は、犠牲層を取り囲む可動膜の一部を開口し、ウエットエッチングによって横方向から犠牲層を除去する場合でも同じである。これについて図10を用いて説明する。図7（a）と同じ工程を経て図10（a）まで作製したのち、図10（b）に示すように、犠牲層504を取り囲む可動膜506aを形成する。この際、可動膜506aの側面は、犠牲膜504の側面を「コ」の字状に囲った状態とし、犠牲層504の側面の一部が露出した状態とする。このときの上から見た透視図を図10（c）に示す。

【0012】

この後、ウエットエッチングにより可動膜506aが開放している横方向から犠牲層504を除去し図10（d）の状態とする。この後、図10（e）のように、封止膜508をCVD法によって形成する。この場合も、封止膜508が厚くなり可動性が失われるという問題が生じる。また、図10（f）のように、封止膜508の不要な部分をエッチング除去し、部分508cだけ残す場合は、工程数が多くなるという問題が生じる。

【0013】

以上説明したように、従来では、中空構造の封止部分以外の構造や特性や感度に悪影響を与えたり制限を設けたりせずに封止することが困難であった。

本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、封止された微細な中空構造をより容易に形成できるようにすることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明の微細構造の製造方法は、基板上に凹部構造を形成する第1の工程と、凹部内に犠牲膜を充填する第2の工程と、開口部を備えた板状の蓋を、凹部構造の側壁より開口部が離間した状態で、凹部構造を覆うように配置して固定する第

3の工程と、開口部より犠牲膜をエッティング除去して蓋の下に凹部による空間を形成する第4の工程と、蓋の上に液状の材料を塗布して塗布膜を形成し、これを固化することで蓋の上に封止膜を形成して開口部を塞ぐ第5の工程とを備えたものである。

この発明によれば、塗布することで形成した封止膜により、蓋の下の空間が封止される。

【0015】

上記発明において、第5の工程では、塗布膜が基板より力の作用する側に配置された状態として塗布膜を固化する。また、第5の工程では、塗布膜が基板より下方に配置された状態として塗布膜を固化する。

上記発明において、塗布膜を形成したときの開口部以外の領域における塗布膜の膜厚をtとし、空間外部と開口部との境界における開口部の断面積をaとし、空間と開口部との境界における開口部の断面の周囲の長さをbとし、開口部内の体積をcとし、異空間と開口部との境界における、塗布膜の開口部に進入した部分と開口部側壁との間の表面張力をdとし、塗布膜の密度をeとし、重力加速度をgとすると、 $(c + a \times t) \times e \times g \leq b \times d$ の関係が満たされている。

【0016】

上記発明において、犠牲膜上およびこの犠牲膜周囲にかけて金をメッキすることで蓋を形成し、ポリイミドから構成され液状の材料を塗布して塗布膜を形成する。また、感光性を有するポリイミドから構成された液状の材料を塗布して塗布膜を形成し、フォトリソグラフィによって塗布膜の開口部周辺以外の領域を除去して残った部分を固化することで、蓋の開口部領域上に封止膜を形成して開口部を塞ぐ。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

図1は、本発明の実施形態における微細構造の製造方法を説明する工程図である。本実施の形態では、中空構造の上部が可動可能であり、容量が検出できる構

造を例にとって説明する。

まず、図1 (a) に示すように、シリコンなどの半導体材料からなる基板101上に、層間絶縁膜102を形成する。層間絶縁膜102下の基板101には、図示していないが、検出回路などの他の集積回路が形成され、複数の配線からなる配線構造を備えている。

【0018】

層間絶縁膜102を形成した後、まず、蒸着法により膜厚0.1μmのチタン膜と膜厚0.1μmの金膜との2層膜からなるシード層103を形成する。

つぎに、公知のフォトリソグラフィ技術により、所定の領域に開口部を備えた膜厚5μmのレジストパターンを形成する。レジストパターンを形成したら、開口部に露出している下層のシード層103上に、電解メッキにより金メッキ膜からなる金属パターンを膜厚1μmの厚さで形成し、この後レジストパターンを除去し、図1 (b) に示すように、電極パターン104aを形成する。

【0019】

つぎに、レジストによって電極パターン104aを覆い、かつ、開口部によつてシード層103の所定領域を露出させたレジストパターンを5μmの厚さで形成する。このレジストパターンを形成したら、開口部に露出した下層のシード層103上に、電解メッキにより金メッキ膜からなる膜厚3μmの枠状の構造体105aを形成する。なお、この後レジストパターンは除去する。

【0020】

つぎに、電極パターン104aと枠状の構造体105aをマスクとして、シード層103を選択的にエッチングする。このエッチングでは、まず、ヨウ素、ヨウ化アンモニウム、水、エタノールからなるエッチング液を用い、シード層上層の金を選択的に除去する。次いで、HF系のエッチング液を用い、シード層下層のチタンを選択的に除去する。

この結果、図1 (d) に示すように、基板101上に下部電極104と、下部電極104と絶縁分離された支持部材105とが形成される。この支持部材105は、後述する可動電極を支持するものであり、各下部電極104の周囲を囲むように枠状に形成されている。なお、支持部材を格子状に形成して複数の升を構

成し、この升中央部に下部電極を配置することで、後述する容量検出素子を2次元アレイ状に配列させた構造が得られる。

【0021】

つぎに、下部電極104と支持部材105を覆うように基板101上に感光性を有する樹脂膜をスピン塗布により形成する。この後、加熱処理（プリベーク）を施し、公知のフォトリソグラフィ技術により樹脂膜を加工し、支持部材105の上部のみを露出させる。さらに、加熱処理をして樹脂膜を熱硬化させ、化学的機械的研磨により表面を平坦化し、図1（e）に示すように、犠牲層106を形成する。

【0022】

つぎに、支持部材105と犠牲層106の上面に、まず、チタンと金からなるシード層107を蒸着法によって形成し、次いで、公知のフォトリソグラフィ技術によって、下層のシード層107が部分的に露出する平面視矩形状の開口部を有するレジストパターンを形成する。この開口部内には、レジストが島状に残つて、部分的に下層のシード層を隠した状態とする。

【0023】

次いで、形成したレジストパターンの開口部に露出しているシード層107上に、電解メッキにより金メッキ膜を形成することで、図1（f）に示すように、膜厚 $1.3\mu m$ 程度の金属パターン108aを形成する。なお、この後、レジストパターンは除去する。上述したように、島状のレジストの存在により、形成した金属パターン108aには、開口部109が形成され、下層のシード層107が露出した領域が形成される。

【0024】

図2（a）は、形成した金属パターン108aの構成を示す平面図である。本実施の形態では、上記島状のレジスト部分を、レジストパターンの開口部内の4隅に近い4箇所に設けることで、金属パターン108aに4つの開口部109を設けるようにした。金属パターン108aに設ける開口部109は、支持部材105に接することが無く、また、下部電極104上の領域にかかるないように配置する。言い換えると、開口部109は、金属パターン108aの、支持部材1

05と下部電極104との間の領域上に、支持部材105上の領域および下部電極104上の領域より離間して配置する。

【0025】

本実施の形態においては、開口部109は直径 $4\mu\text{m}$ の平面視円形とし、支持部材105の内側端から $8\mu\text{m}$ 離間させ配置した。

以上説明したように、金属パターン108aを形成したら、金属パターン108aをマスクとしてシード層107をウエットエッチングして加工し、図2(b)に示すように、加工したシード層とマスクとした金属パターンとからなる可動電極(蓋)108を形成する。形成された可動電極108には、下層の犠牲膜106が露出する開口部109が4箇所設けられた状態となっている。

【0026】

つぎに、可動電極108まで形成した基板101を、酸素ガスを主体としたプラズマ中に曝し、開口部109を介してプラズマにより生成されたエッチング種を犠牲層106に接触させ、犠牲層106をエッチング除去する。この結果、図2(c)に示すように、支持部材105に支えられた可動電極108と、層間絶縁膜102との間に、空間が形成される。この空間は、側方が枠状の支持部材105により囲われ、上方は、可動電極108に覆われているが、可動電極の開口部109を介し、外部と連通した状態となっている。すなわち、空間は封止されていない。

【0027】

つぎに、図2(d)に示すように、可動電極108上に、有機ポリマー樹脂をスピニ塗布することで、封止膜(塗布膜)110を形成する。有機ポリマー樹脂としては、金メッキ膜に対する濡れ性の悪いものが好ましく、例えば、ポリベンゾオキサゾール(もしくはこの前駆体)などを用いる。ポリベンゾオキサゾールをベースとする樹脂としては、例えば、住友ベークライト株式会社製の「CRC8300」がある。

【0028】

基板101を7000rpmの回転数で12秒間回転させた状態で、上記ポリベンゾオキサゾール樹脂をスピニ塗布することで、膜厚 $1\mu\text{m}$ の封止膜110が

形成できる。このようにして、封止膜110を形成した後、図3（a）に示すように、直ちに封止膜110形成面を下側にし、基板101を120℃（10分間）加熱する。この加熱により、封止膜110の溶媒成分を蒸発させ、封止膜110の流動性を低下させる。

【0029】

このように、塗布した封止膜110が下側、すなわち、重力の作用する側に配置することで、封止膜110が、可動電極108の開口部109より可動電極108下の空間に進入することを抑制する。すなわち、封止膜110が、基板101や可動電極108より、力（重力）の作用する側に配置された状態とする。言い換えると、塗布された封止膜110に作用する力の方向には、可動電極108が存在していない状態とする。

【0030】

なお、以降に説明するように、塗布する封止膜110の材料の可動電極108に対する濡れ性が良くない状態とし、開口部109内壁に到達した塗布する材料の表面張力が、内壁に到達した材料に加わる重力より大きい場合は、基板101を反転させて封止膜110形成面が下方に配置した状態とする必要はない。

【0031】

さらに連続し、封止膜110を310℃で30分アニールすることで、有機ポリマー樹脂（封止膜110）の溶質部分に脱水・閉環反応を起こさせ、封止膜110を熱硬化させる。この硬化により、封止膜110の流動性はなくなり、図3（b）に示すように、開口部109が、封止膜110により閉じられ、可動電極108の下の空間が完全に封止された微細中空構造体112が得られる。

【0032】

この後、図3（c）に示すように、封止膜110の下部電極104上の領域に、突起状構造体113を形成し、より感度良く圧力などを検出できる検出素子114を得る。突起状構造体113は、感光性ポリイミドを膜厚5～10μm程度に形成し、フォトリソグラフィ技術により構造体形成領域以外を露光し、現像処理してから、310℃で30分アニールして熱硬化させることで形成できる。

【0033】

以上説明したことにより製造した容量などを検出する検出素子114において、突起状構造体113に対象とすべき表面形状が接触すると、突起状構造体113が押し込まれて可動電極108が下方にたわみ、下部電極104と可動電極108との間に形成されている静電容量が変化する。この静電容量の変化を、基板101上に形成されている(図示していない)集積回路によって増幅・変換して検出する。この検出素子114を2次元アレイ状に配列させれば、高分解能の容量型圧力センサとすることができます。

【0034】

図3 (b)において、開口部近傍の封止膜以外の部分を除去したい場合における中空構造作製方法を図4に説明する。

図4 (a)は図2 (d)と同じ状態を示す。つぎに、前述したように封止膜(塗布膜)110形成面を下側にし、基板101を120℃(10分間)加熱する。この加熱により、封止膜110の溶媒成分を蒸発させ、封止膜110の流動性を低下させる。

この後、公知のフォトリソグラフィ法によって開口部近傍以外を感光させ、現像により感光部を除去し、図4 (b)に示すように、開口部近傍の封止膜110cのみ残す。

【0035】

この後、図4 (c)のように、基板101を重力に対して鉛直下向きになるよう逆さまにして、窒素ガス雰囲気中で、30分の間310℃に加熱するアニールを施して、封止膜110cを熱硬化させる。なお、部分的に残された封止膜110cが、流動性がほぼない状態となっていれば、熱硬化の段階で基板101を逆さまにする必要はない。さらに、図3 (c)と同様に突起状構造体113を形成すれば、図4 (d)に示すように、封止され突起状構造体113を備えた微細中空構造112aが形成される。

【0036】

以上説明したように、本実施の形態によれば、開口部を備えた板状の蓋の下部に凹部を配置することで蓋の下部に空間を設けるようにした微細構造を、蓋の上に塗布により封止膜を形成することによって容易に封止できる。ここで、上記実

施の形態においては、可動電極 108 が、蓋であり、層間絶縁膜 102 上に形成した枠状の支持部材 105 により、凹部が形成された状態となっている。

【0037】

このように構成した本実施の形態によれば、空間を形成するために設けた可動電極（蓋）の開口部を微細構造の支持部材（凹部側壁）に接触しない状態に配置することで、塗布する液の空間内への流入を防ぐようにした。なお、塗布する液は、封止膜を形成するものである。

従って、封止した状態でも、蓋の下部に形成される空間が、封止前の状態を維持できる。この結果、本実施の形態によれば、蓋を可動可能に形成した場合であっても、封止後に蓋の可動が阻害されることがなくなる。

【0038】

つぎに、図 2 (d)、および図 3 (a) に示した、液状材料を塗布することで封止を可能にする原理について、図 5 を用いて説明する。図 5 (a) は、スピン塗布によって封止膜となる封止液 301 が、封止対象である微細構造 303 の開口部 302 の上部に到達した状態を示す模式的な断面図である。まず、開口部 302 は、微細構造 303 の内部空間側壁 303a から離間している。開口部 302 上部の封止液 301 は、図 5 (b) に示すように重力によって内部空間 304 に流入してくる。

【0039】

図 5 (b) の拡大図を図 5 (c) に示す。封止液 301 が流れ込んでくるとき、開口部 302 の上部領域にある封止液 301b の体積を v 、封止液 301 の密度を ρ 、円形の開口部 302 の半径を r 、封止液 301 と開口部内壁 305との接触角を ϕ 、封止液 301 と開口部内壁 305 を形成している材料との表面張力を大きさを γ 、重力加速度を g とする。なおここでは、開口部内壁 305 を形成している材料は、微細構造 303 を形成している材料と同じとしてある。

【0040】

接触角 ϕ が鋭角のとき「封止液が開口部内壁を濡らす」といい、表面張力は封止液 301 を流入させる方向に働く。一方、接触角 ϕ が鈍角のとき「封止液が開口部内壁を濡らさない」といい、表面張力は封止液 301 の流入を妨げる方向に

働く。また、重力によって封止液301を流入させようとする力は、矢印307によって示され、この向きは鉛直下向き、大きさは $v \rho g$ である。一方、接触角 ϕ が鈍角の時の表面張力は矢印308によって示される。

接触角 ϕ が鈍角であり、封止液301が開口部内壁305を濡らさないとき、表面張力 γ による封止液301の流入を妨げる鉛直上向き方向に働く力は、 $2\pi r \gamma \cos(\pi - \phi)$ である。

【0041】

$v \rho g > 2\pi r \gamma \cos(\pi - \phi)$ ならば封止液301は流入し、 $v \rho g \leq 2\pi r \gamma \cos(\pi - \phi)$ ならば封止液301の流入は止まる。従って、表面張力 γ が大きく、封止液301が開口部内壁305を濡らさない材料を選択すれば、封止液301は、図5（b）に示すように、開口部内壁305を伝って内部空間304に到達する前に流入が停止する。

一方、表面張力 γ が小さく、封止液301の開口部内壁305に対する接触角 ϕ が小さい場合、封止液301の先端は内部空間上壁309に到達し、図5（e）に示すように、内部空間上壁309を伝って広がっていくとする。

【0042】

接触角は材料の組み合わせにより決まる一定値であるので、封止液301が開口部内壁305から内部空間上壁309に到達する際に、表面張力の方向が最大90度回転する。図5（d）に示すように、内部空間上壁309を広がるまでの途中過程における回転角（接触角の変化）を α とすると、表面張力による鉛直上向きの力は、 $2\pi r \gamma \cos(\pi - (\phi + \alpha)) = 2\pi r \gamma \cos((\pi - \phi) - \alpha)$ となる。

【0043】

ϕ が鈍角であるので、 $(\pi - \phi)$ は鋭角であり、 $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$ であることを考えると、途中過程において、表面張力は完全に鉛直上向きになる状態があり、 $2\pi r \gamma$ をとる。従って、 $v \rho g \leq 2\pi r \gamma$ ならば、図5（b）に示すように、封止液301が開口部内壁305で停止しなくとも、内部空間上壁309を広がる前に流入が停止する。これに対し、 $v \rho g > 2\pi r \gamma$ の場合は、図5（e）に示すように、封止液301が内部空間上壁309を伝って広がっていく。

【0044】

この際、表面張力は、封止液301と内部空間上壁309の接触している外周の長さに比例するので、広がっていくにつれ表面張力の総和は大きくなる。同時に、封止液301も液滴形状をして広がり体積も大きくなるので、重力により封止液滴301cを広げようとする力も大きくなる。図5(e)に示すように、封止液滴301cを半球と近似し、この半径を r' とすると、表面張力は r' に比例して大きくなり、封止液滴301cへの重力は、 r' の3乗に比例して大きくなる。

【0045】

従って、封止液301の流入は停止せず、封止液301が内部空間下壁310に達するか、内部空間304が封止液301で満たされてしまう。ただし、図5(f)に示すように、開口部302上部の封止膜301が窪むことによって体積が減少するときは、この限りではない。

以上説明したように、開口部302が内部空間側壁303aから離間しているときについて、封止液301の流入が停止する。

【0046】

ところで、液状の材料の密度を ρ とし、塗布膜が形成された段階における開口部に進入した部分とこの上の領域の部分とを合わせた液状の材料の体積を v とし、開口部の半径を r とし、液状の材料の開口部内壁における表面張力を γ とし、重力加速度を g とすると、 $v \rho g \leq 2 \pi r \gamma$ の関係が満たされていれば、封止液の流入を抑制できるものとしたが、これは、開口部がほぼ円柱の場合である。

【0047】

開口部が他の柱形状などの場合は、以下に示すこととなる。

塗布膜を形成したときの開口部以外の領域における塗布膜の膜厚を t とし、空間外部と開口部との境界における開口部の断面積を a とし、空間と開口部との境界における開口部の断面の周囲の長さを b とし、開口部内の体積を c とし、空間と開口部との境界における、塗布膜の開口部に進入した部分と開口部側壁との間の表面張力の大きさを d とし、塗布膜の密度を e とし、重力加速度を g とすると、 $(c + a \times t) \times e \times g \leq b \times d$ の関係が満たされていれば、封止液(塗布膜

の開口部に進入した部分) の流入を抑制できるようになる。

【0048】

つぎに、犠牲層をエッチングするために設ける開口部が、内部空間の側壁に接觸している場合について説明する。これは、図6 (a) に示すように、開口部302aが内部空間側壁303aに隣接し、開口部内壁305aの一部が内部空間側壁303aに連続している場合である。図6 (a) では、封止液301が塗布されてこの一部が開口部302a内に進入した状態を示している。

【0049】

前述したように、重力の大きさより表面張力の方が大きい場合、すなわち、 $\rho g \leq 2\pi r \gamma \cos(\pi - \phi)$ ならば、図5 (c) に示した場合と同様に、液の流入が停止する。これに対し、重力より表面張力の方が小さい場合、図6 (b) に示すように、開口部302aに進入した封止液301の一部が、内部空間上壁309に到達する。しかしながら、この場合、図5 (d) に示した場合に比較して、表面張力の向きが回転する領域が少ない。

【0050】

封止液301が内部空間上壁309と接している部分は、表面張力の向きが変化して鉛直上向き成分が大きくなるが、封止液301が内部空間側壁305aと接している部分は、表面張力の向きが変化しない。従って、図6に示すように、開口部302aが内部空間側壁303aに隣接している場合、封止液301の流入を妨げる力が少なく、封止液301が流入しやすくなる。この結果、封止液301が内部空間側壁303を伝って内部空間下壁310に到達した後は、図6 (c) に示すように、封止液301の圧力によって内部空間304が封止液301によって満たされていく。

【0051】

以上は、封止液流入時の力の関係について説明したが、実際の工程においては図3 (a) に示すように、封止液を塗布して封止膜110を形成した後、基板101を逆さまにして加熱する。加熱することによって、塗布した封止膜110 (封止液) の溶媒成分が揮発することにより粘性が上昇し、最終的に固化 (硬化) する。図5 (a) から図5 (d) に至るように、封止液301が開口部内

壁 305 を伝わって内部空間 304 に進入するまでの時間は、粘性が大きいほど長い。

【0052】

このことは、「液体が一定時間内に細管を流れるときの流量は粘性に反比例する」というポアズイユの式によっても明らかである。また、微細構造 303 の膜厚、すなわち、開口部 302 が長いほど流入に時間がかかる。

また、ピーク時に基板 101 を逆さまにすることによって、図 4 で説明した重力の向きが、封止液 301 を内部空間 304 に流入させようとはしない方向に働くようになる。

【0053】

以上説明したように、開口部を内部空間側壁に隣接しないように配置することによって、表面張力の上向きの成分を大きくし、封止液の流入を妨げることができる。この際、封止液が開口部を形成している材料を濡らしにくく、この両者間の表面張力が大きいほど、あるいは、開口部の半径が小さいほど、あるいは、開口部が長いほど、あるいは、封止液として室温で粘性が高く加熱固化によって粘性がさらに高くなる性質の材料を使うほど、あるいは、封止液を塗布後逆さまにするまでの時間が短いほど、封止液が開口部を通して内部空間に流入せずに封止できる。

【0054】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、塗布することで形成した封止膜で、蓋の下の空間を封止するようにしたので、封止された微細な中空構造をより容易に形成できるようになるというすぐれた効果が得れる。従って、特に圧力センサや MEMS などにおいて、微細中空構造を備えた素子を 2 次元配列させた構造においては、各素子の可動部の感度を上昇させるだけでなく、高精度な容量検出が可能となる。また、封止膜を形成する液状の材料は、蓋下の空間底部に到達することができないので、中空構造素子の中空部分の高さを低く制限する必要がなく、任意の高さの中空構造が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態における微細構造の製造方法を説明する工程図である。

【図 2】 図 1 に続く、微細構造の製造方法を説明する工程図である。

【図 3】 図 2 に続く、微細構造の製造方法を説明する工程図である。

【図 4】 本発明の他の形態における微細構造の製造方法を説明する工程図である。

【図 5】 塗布した液状材料の開口部における状態を示す概略的な断面図である。

【図 6】 塗布した液状材料の開口部における状態を示す概略的な断面図である。

【図 7】 従来よりある微細構造であるセンサの製造過程を示す工程図である。

【図 8】 従来よりある微細構造であるセンサの製造過程を示す工程図である。

【図 9】 従来よりある微細構造であるセンサの構成を示す斜視図（a）, 平面図（b）, 断面図（c）である。

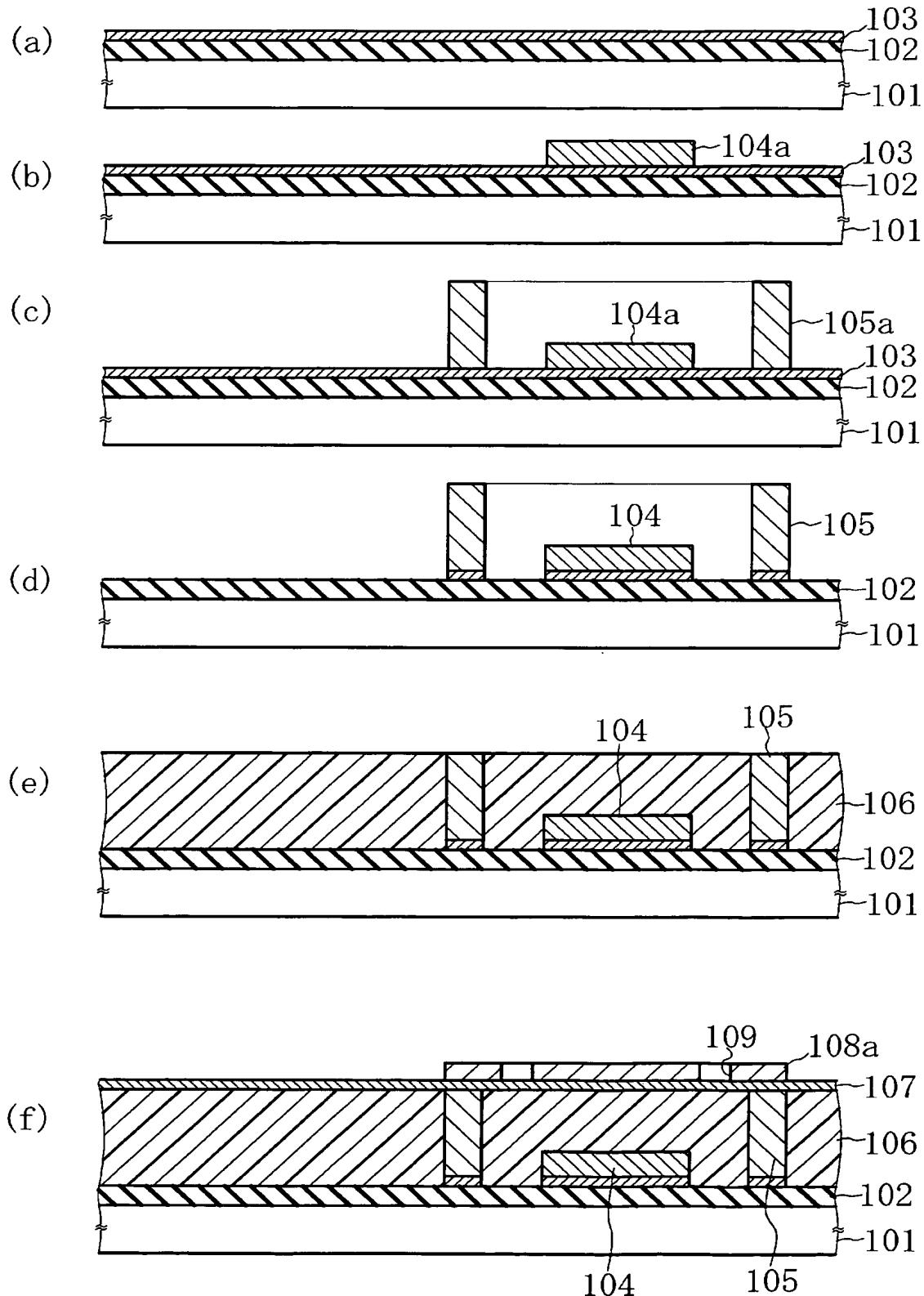
【図 10】 従来よりある微細構造であるセンサの製造過程を示す工程図である。

【符号の説明】

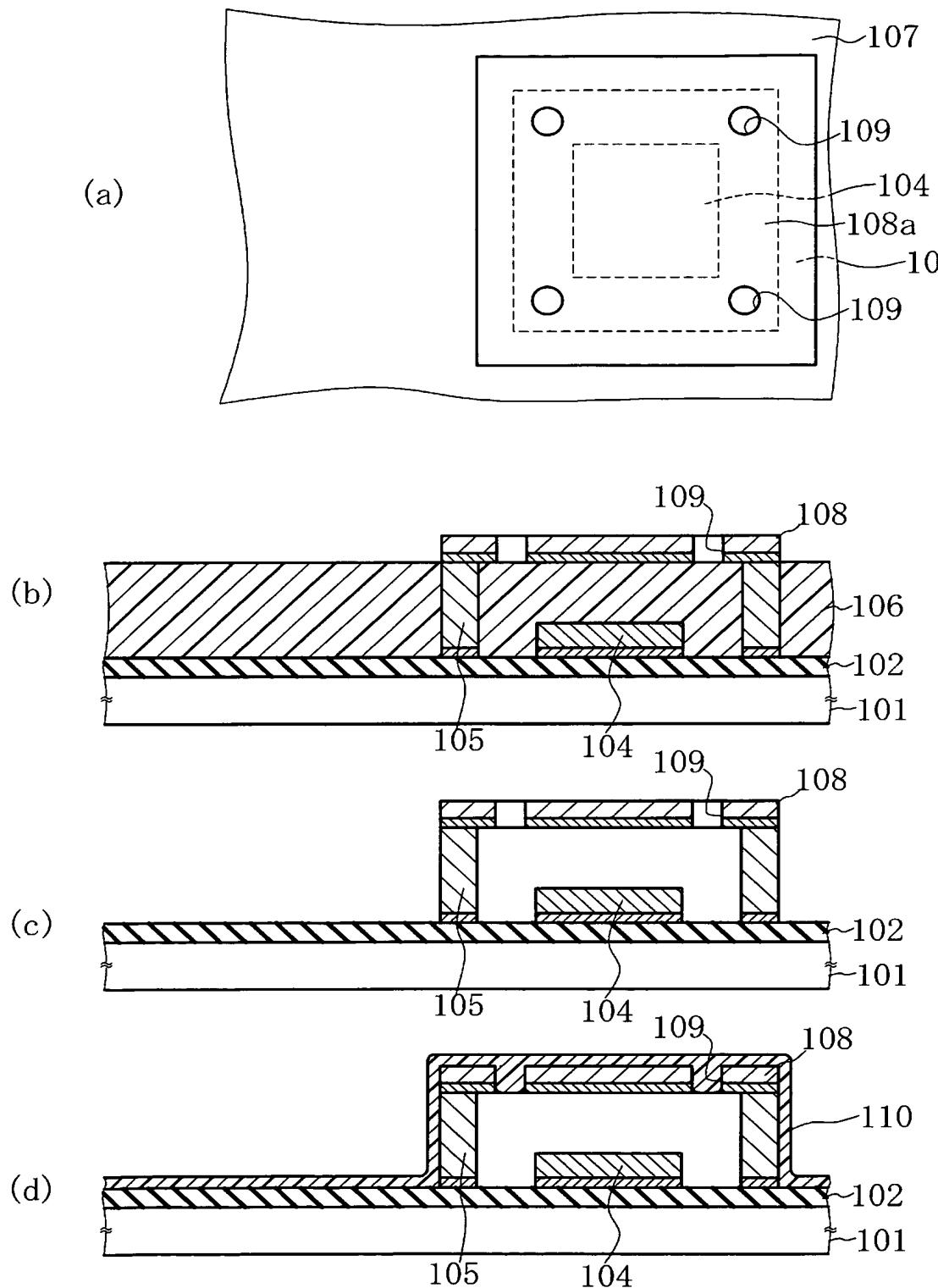
101…基板、102…層間絶縁膜、103…シード層、104…下部電極、
104a…電極パターン、105a…構造体、105…支持部材、106…犠牲層、
107…シード層、108…可動電極（蓋）、108a…金属パターン、
109…開口部、110…封止膜。

【書類名】 図面

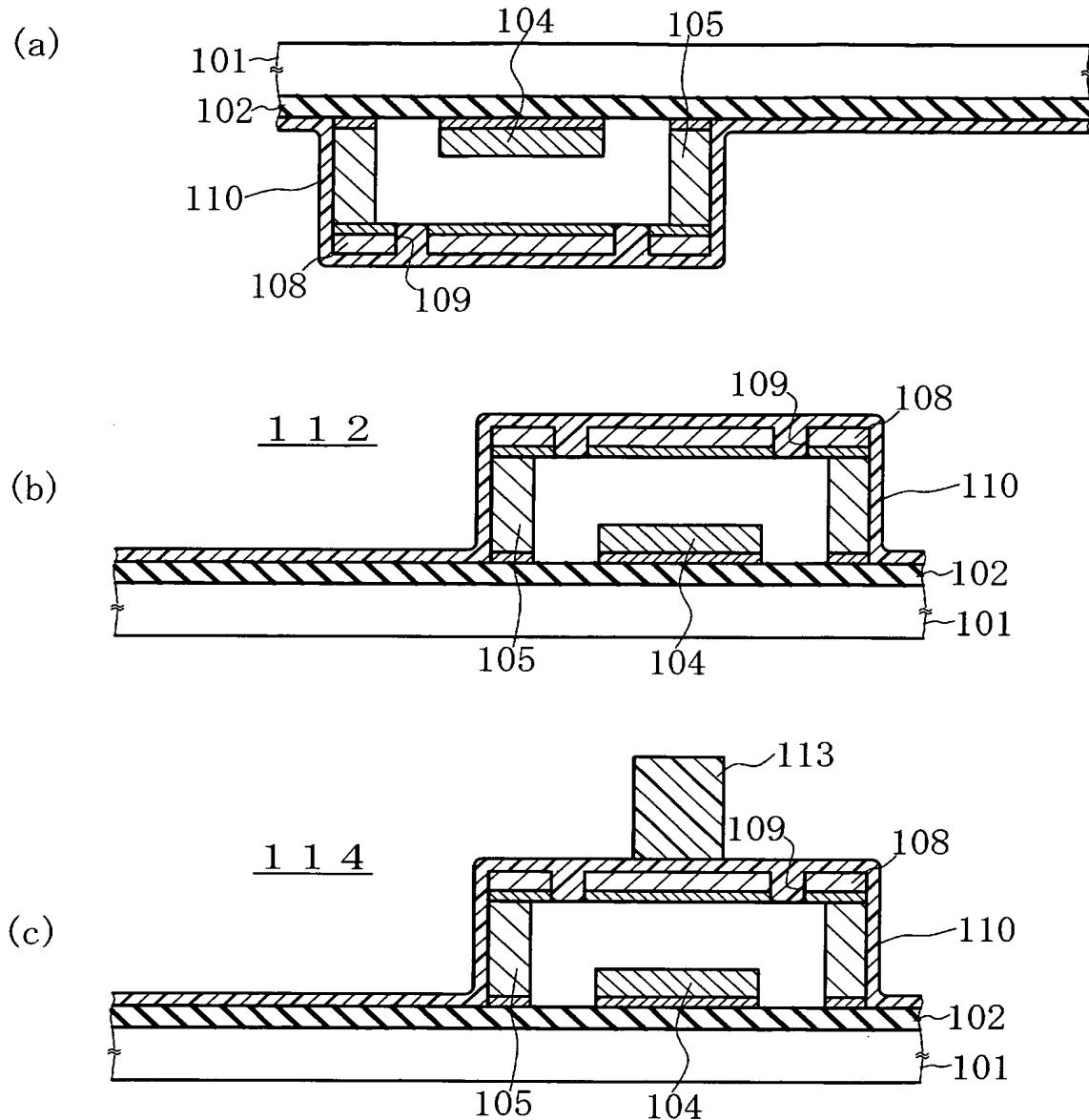
【図 1】



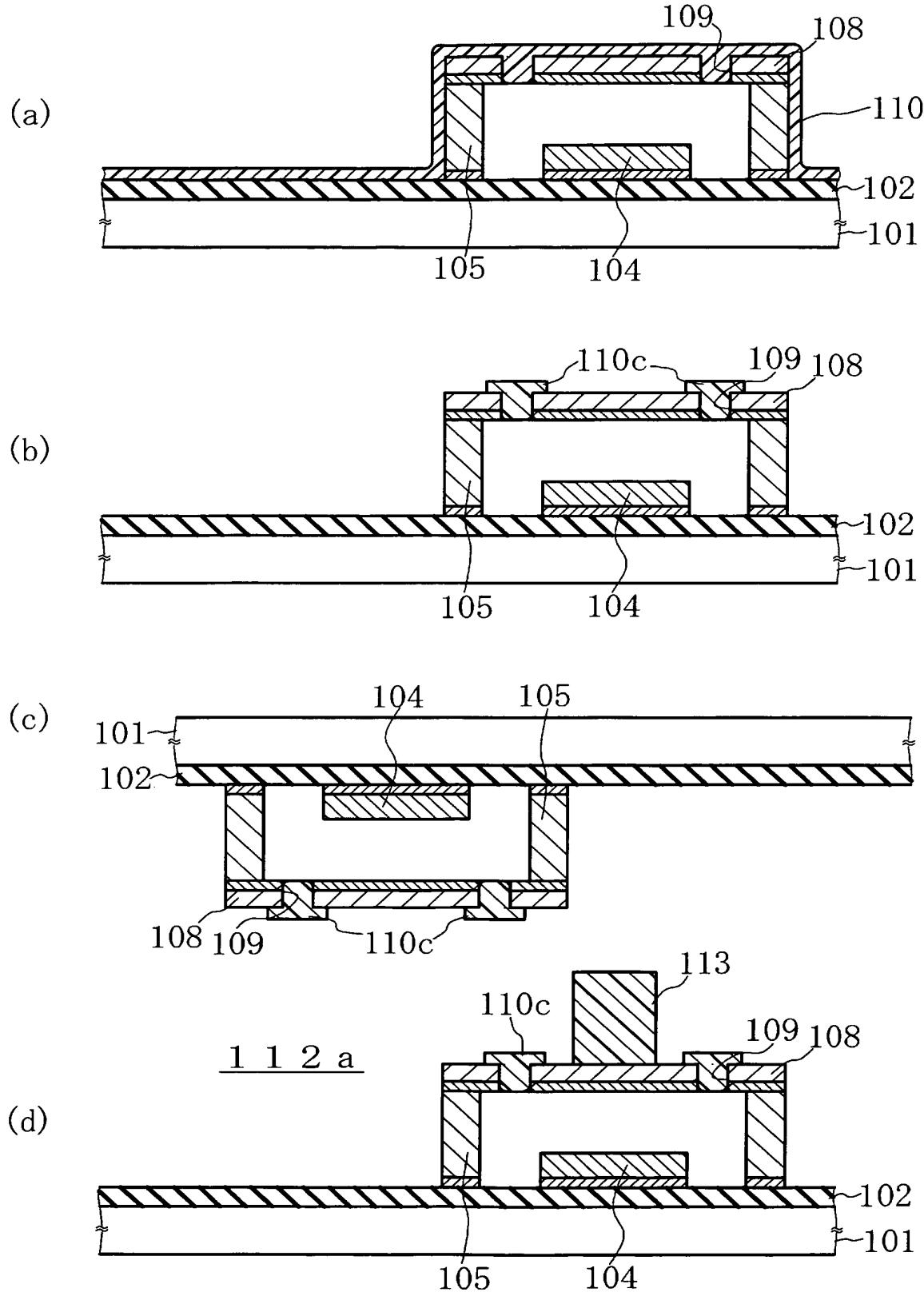
【図 2】



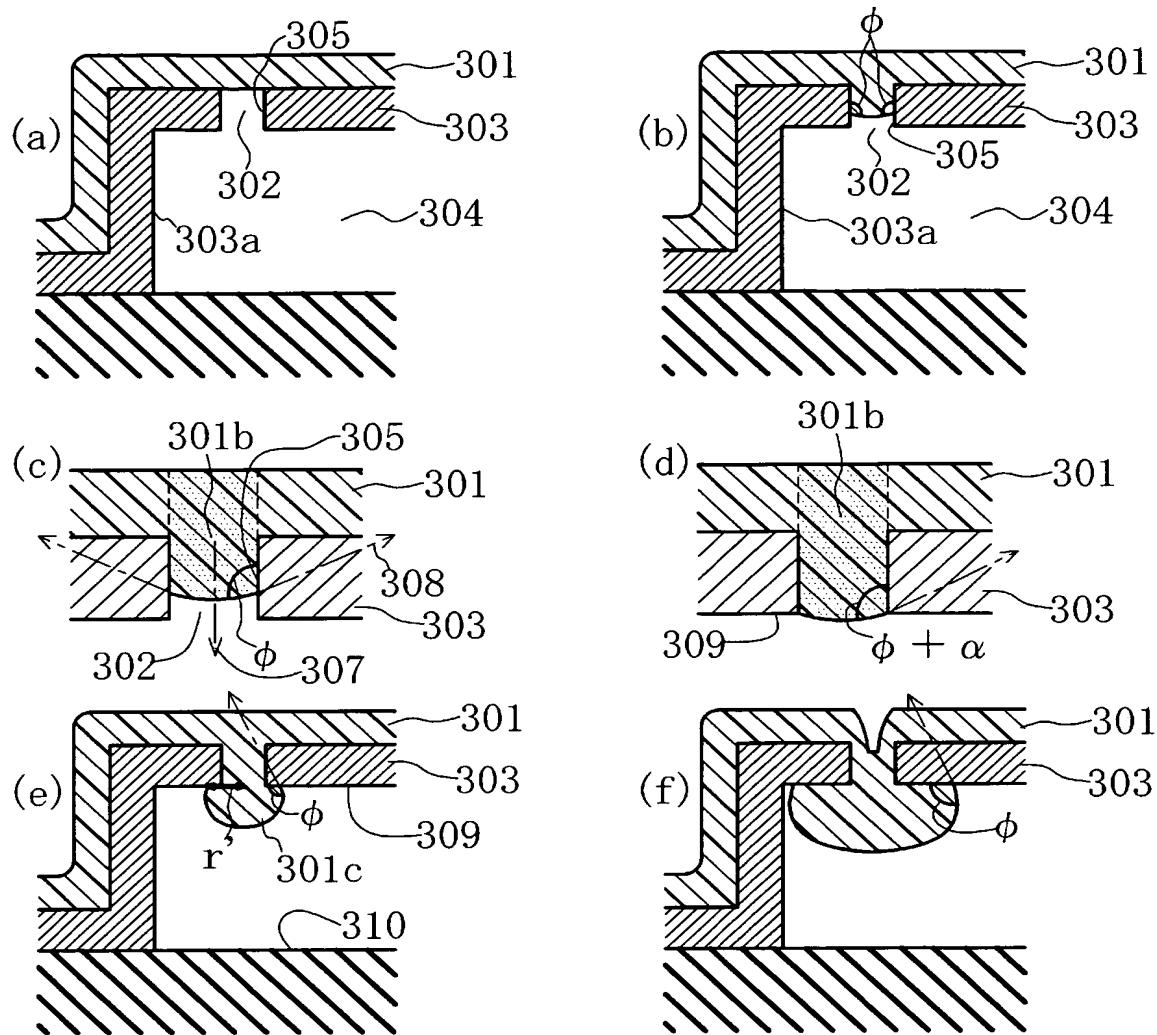
【図3】



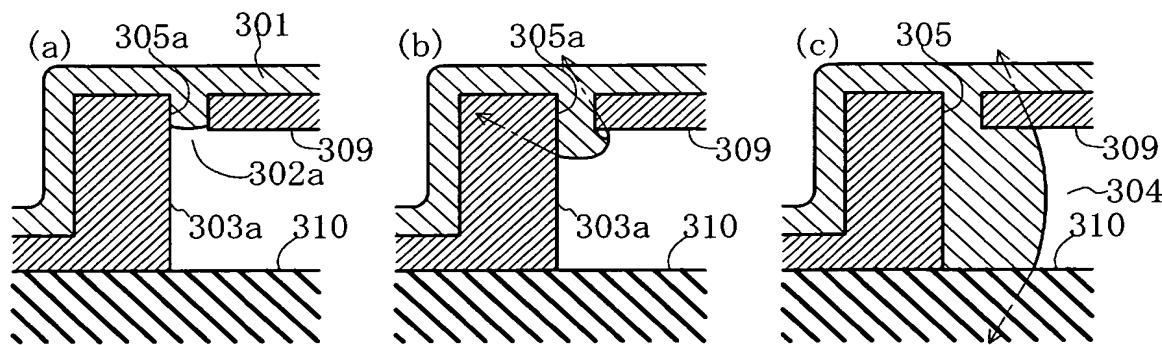
【図4】



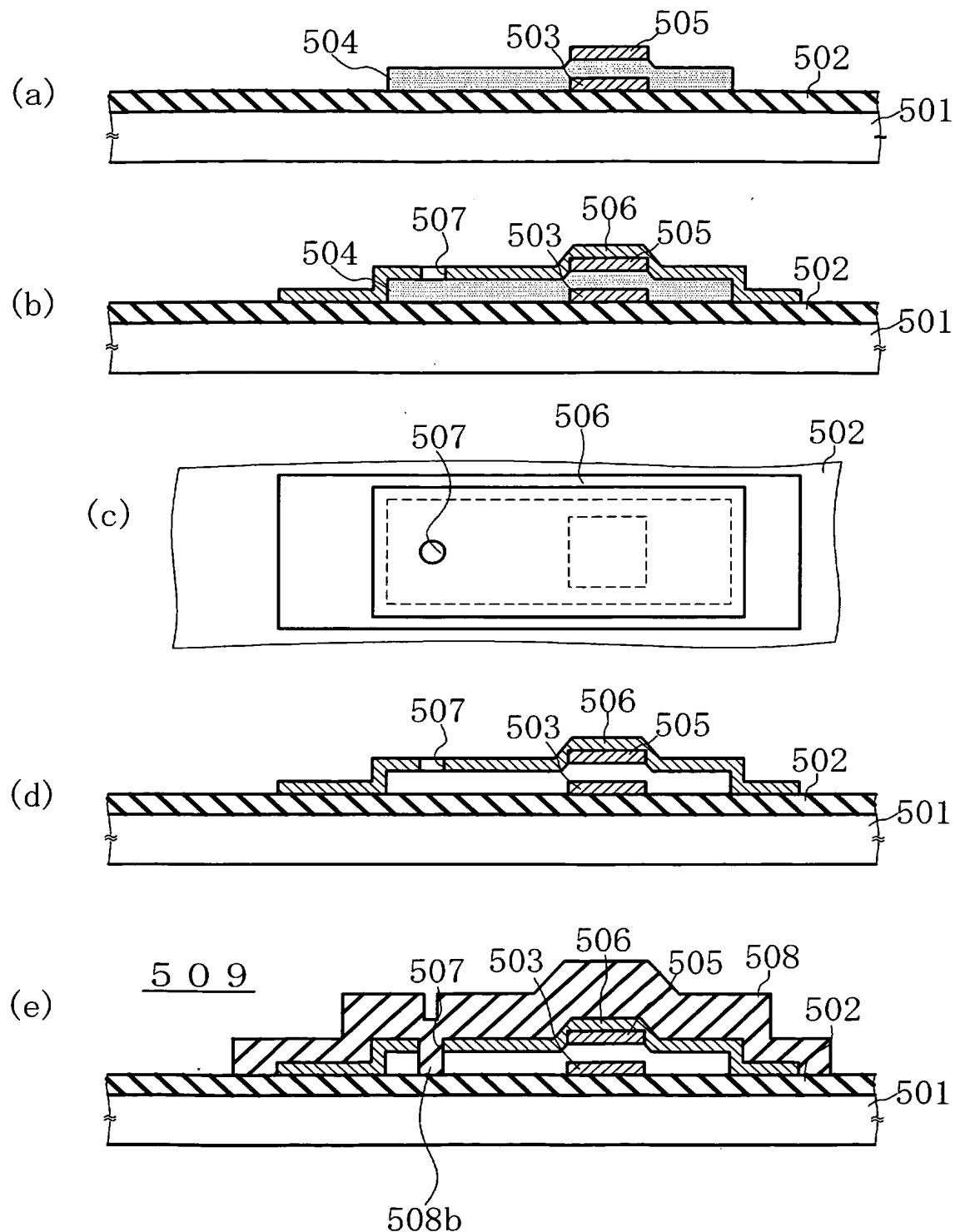
【図5】



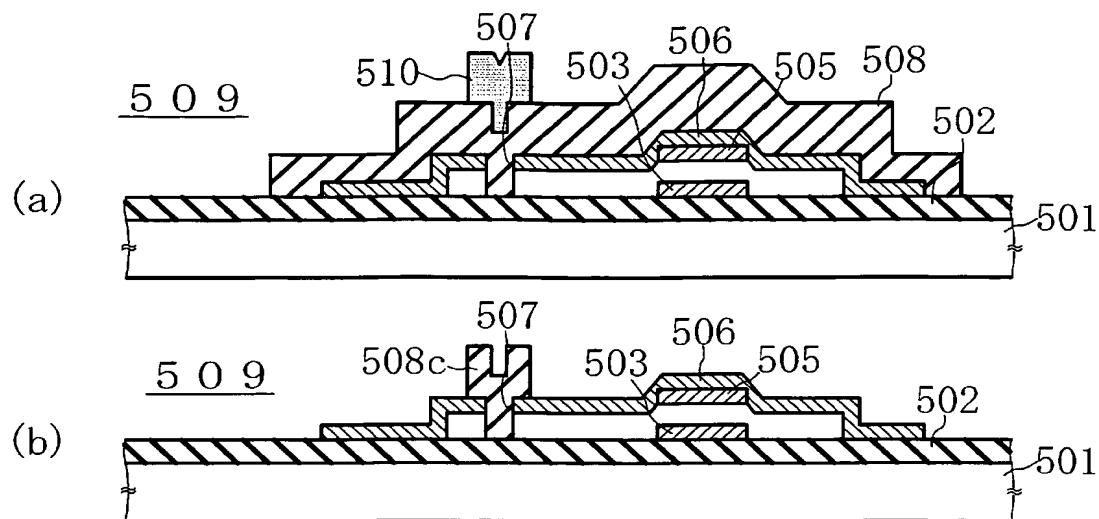
【図6】



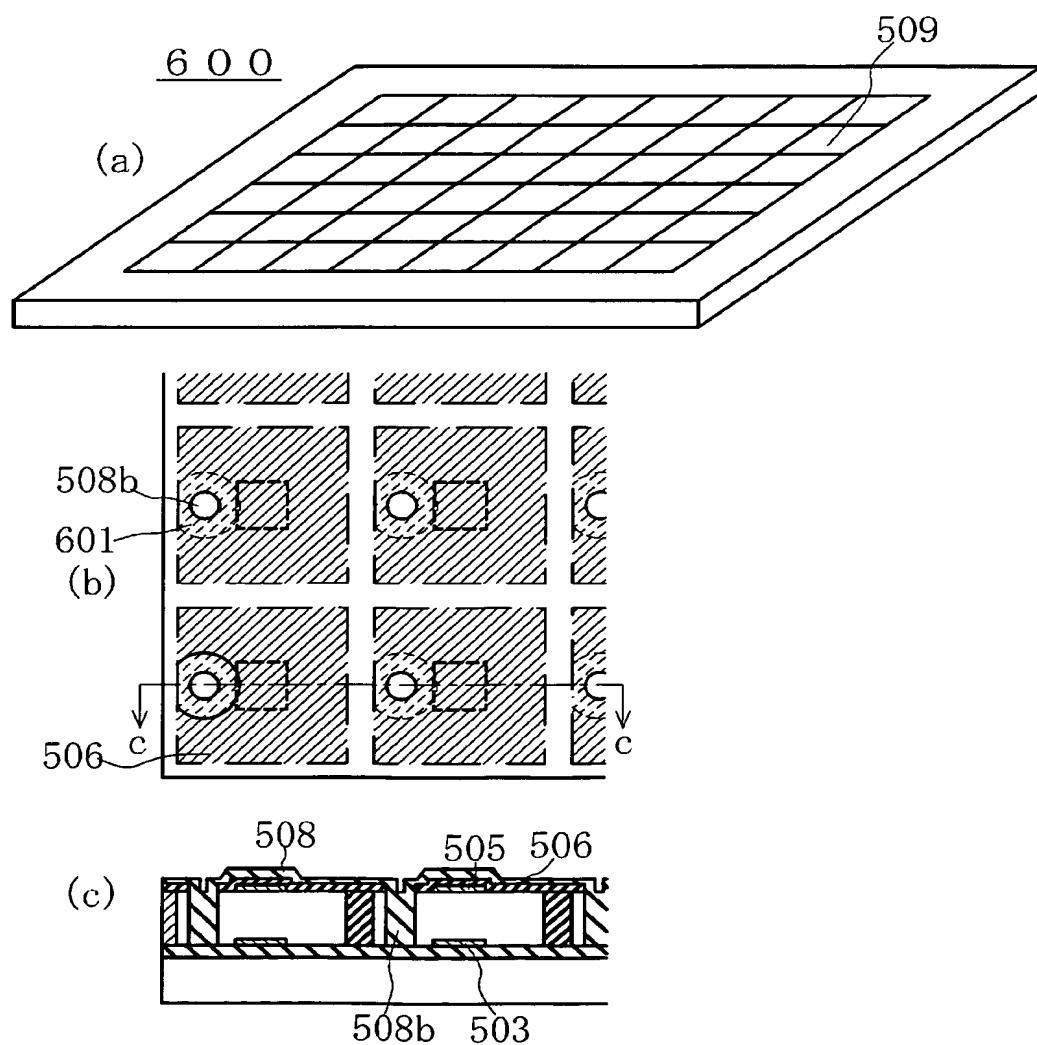
【図7】



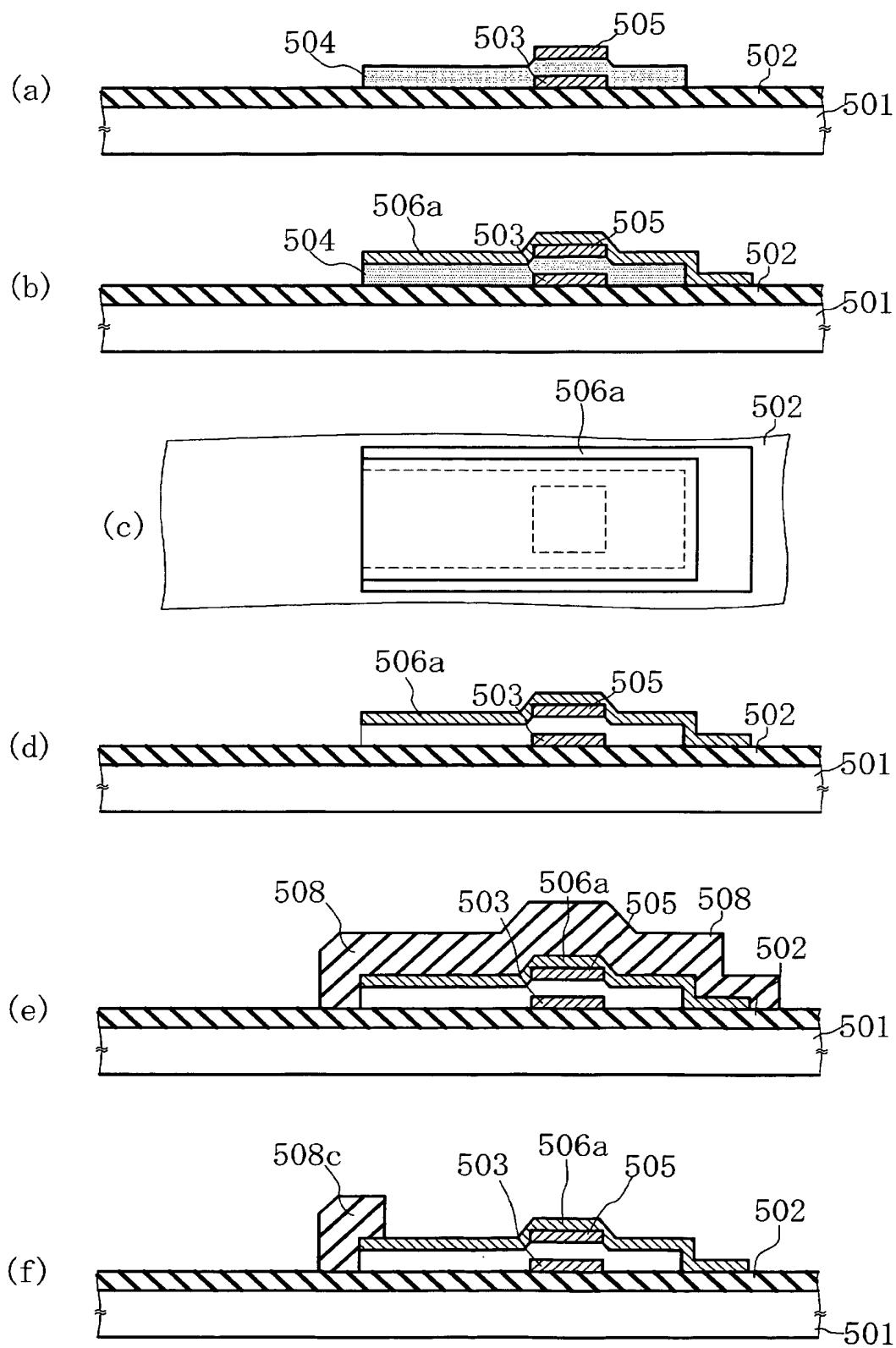
【図8】



【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 封止された微細な中空構造をより容易に形成できるようにする。

【解決手段】 可動電極 108 上に、有機ポリマー樹脂をスピinn塗布することで、封止膜 110 を形成する。有機ポリマー樹脂としては、金メッキ膜に対する濡れ性の悪いものが好ましく、例えば、ポリベンゾオキサゾール(もしくはこの前駆体)などを用いる。

【選択図】 図 2

特願 2001-170853

出願人履歴情報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名 日本電信電話株式会社